

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-164370

(43)Date of publication of application : 19.06.1998

(51)Int.Cl.

H04N 1/407
G06T 5/00
G06T 5/20

(21)Application number : 08-316431

(71)Applicant : DAINIPPON SCREEN MFG CO LTD

(22)Date of filing : 27.11.1996

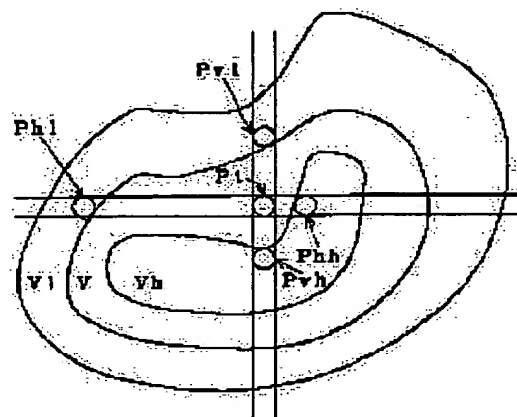
(72)Inventor : SHIMAZU SHIGEAKI
KIMURA SOICHI
ASANO TETSUO

(54) METHOD AND DEVICE FOR INTERPOLATING GRADATION OF IMAGE, IMAGE FILTERING METHOD AND IMAGE FILTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the decline of the quality of images by performing control so as not to exceed the gradation value of an actual picture element closest to the gradation value of an object picture element.

SOLUTION: The gradation values V_l , V and V_h are in the relation of $V_l < V < V_h$ and a picture element P_t is an interpolation object picture element. A high level picture element P_{vh} present at a position closest to the picture element P_t is retrieved by performing retrieval in a vertical direction with the picture element P_t as a center, the high level picture element P_{hh} present at the closest position is retrieved by performing the retrieval in a horizontal direction, the picture elements P_{vh} and P_{hh} are compared and a distance for the high level picture element closer to the picture element P_t is defined as a high level distance D_{high} . The retrieval is performed similarly for a low level picture element as well and a low level distance D_{low} is obtained. After obtaining the high level distance D_{high} and the low level distance D_{low} in such a manner, the picture element value L to be corrected of the interpolation object picture element is obtained. A formula is $L = (L_{high} - L_{low}) \times D_{low} / D_{low} + D_{high} + L_{low}$, and in this case, $L_{high} = V_h$ and $L_{low} = V_l$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-164370

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 N 1/407

H 0 4 N 1/40

1 0 1 E

G 0 6 T 5/00

G 0 6 F 15/68

3 1 0 J

5/20

4 1 0

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平8-316431

(22) 出願日

平成8年(1996)11月27日

(71) 出願人 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1

(72) 発明者 嶋津 茂昭

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内

(72) 発明者 木村 宗市

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 茂明 (外2名)

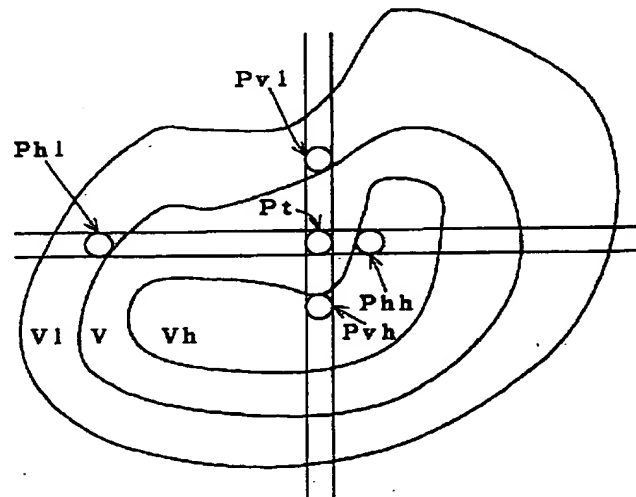
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像の階調補間方法および装置並びに画像フィルタリング方法および画像フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 画像の品質の低下を招くことなく画像の階調補間を行うこと。

【解決手段】 階調値 V_l , V , V_h は $V_l < V < V_h$ という関係にあり、画素 P_t は補間対象画素である。補間対象画素 P_t を中心に垂直方向に検索し、当該補間対象画素 P_t に最も近い位置に存在する高レベル画素 P_{vh} を抽出する。続いて補間対象画素 P_t を中心に水平方向に検索し、当該補間対象画素 P_t に最も近い位置に存在する高レベル画素 P_{hh} を検索する。そして、高レベル画素 P_{vh} , P_{hh} を比較して、補間対象画素 P_t により近い高レベル画素についての距離をとり、高レベル距離 D_{high} とする。そして低レベル画素についても同様の操作を行い低レベル画素 P_{vl} , P_{hl} を抽出し、両者を比較して低レベル距離 D_{low} を求める。そして高レベル距離 D_{high} と低レベル距離 D_{low} とに基づいて、補間対象画素 P_t の階調値を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像の階調値を補間する方法であって、

- (a) 前記画像から順次に補間対象画素を抽出する工程と、
- (b) 前記補間対象画素の階調補間後の値を、前記画像の階調値分布において当該補間対象画素の階調値に最も近い実在画素の階調値を越えないように規制しつつ、各補間対象画素の空間補間を行う画像の階調補間方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法であって、前記工程(a)が、

- (a-1) 前記階調値分布を求める工程と、
- (a-2) 自己の階調値については実在画素が存在する一方、前記階調値分布において隣接する階調値については実在画素が欠落しているような階調値を実在階調値として検出し、前記実在階調値を有する画素を前記補間対象画素として採用する工程と、を備えることを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項3】 請求項1に記載の方法であって、前記補間は、各画素の階調値を表現するデータ精度を所定の割合で向上させるにあたっての補間であり、前記工程(a)が、

- (a-1) 少なくとも前記画像の所定領域内の画素を前記補間対象画素として指定する工程、を含み、
- 前記工程(b)での補間による各画素の階調変化量を、補間前の階調値の単位変化幅以下に規制することを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の方法であって、

- 前記工程(b)が、
- (b-1) 前記補間対象画素と同じ階調値を持った画素を無視しつつ当該補間対象画素に空間的に近接する複数の基準画素を選択し、前記複数の基準画素間での空間補間を行う工程、を有することを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項5】 請求項4に記載の方法であって、前記複数の基準画素は、前記補間対象画素から所定方向に沿った正負の向きにおいてそれぞれ検索されることを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項6】 請求項5に記載の方法であって、前記空間補間は前記画像を走査しつつ実行され、前記検索における前記所定方向は、前記走査における走査方向に関連して定められていることを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項7】 請求項4に記載の方法であって、前記工程(b-1)は、前記補間対象画素と空間的に連続し、かつ当該補間対象画素と同じ階調値を有する一連の画素を特定する工程と、前記一連の画素のそれぞれについて所定方向の正負の向きに予備検索して前記複数の基準画素の候補を特定す

る工程と、

前記一連の画素のそれぞれについて得られた前記候補の集合の中から、当該補間対象画素について前記複数の基準画素を選択する工程、を有することを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項8】 画像の階調値を補間する方法であって、

- (a) 前記画像から順次に補間対象画素を抽出する工程と、
- (b) 前記補間対象画素の階調補間後の値を、
 - i) 補間前の前記画像の階調値分布において欠落していた階調値と、
 - ii) 当該補間対象画素の補間前の階調値自身と、のいずれかになるように規制しつつ各補間対象画素の空間補間を行う補間工程と、を備えることを特徴とする画像の階調補間方法。

【請求項9】 画像のフィルタリング方法であって、

- (a) 平滑化距離定数が可変である空間フィルタを規定する工程と、
- (b) 前記平滑化距離定数を前記画像の各部における階調の空間変化率に応じて変更しつつ、前記画像の各部を前記空間フィルタで走査して平滑化する工程と、を備えることを特徴とする画像フィルタリング方法。

【請求項10】 画像の階調値を補間する装置であって、

- (a) 前記画像から順次に補間対象画素を抽出する手段と、
- (b) 前記補間対象画素の階調補間後の値を、前記画像の階調値分布において当該補間対象画素の階調値に最も近い実在画素の階調値を越えないように規制しつつ、各補間対象画素の空間補間を行う補間手段と、を備えることを特徴とする画像の階調補間装置。

【請求項11】 画像の階調値を補間する装置であって、

- (a) 前記画像から順次に補間対象画素を抽出する手段と、
- (b) 前記補間対象画素の階調補間後の値を、
 - i) 補間前の前記画像の階調値分布において欠落していた階調値と、
 - ii) 当該補間対象画素の補間前の階調値自身と、のいずれかになるように規制しつつ各補間対象画素の空間補間を行う補間手段と、を備えることを特徴とする画像の階調補間装置。

【請求項12】 画像を平滑化するためのフィルタであって、

- (a) 平滑化距離定数が可変である空間フィルタを規定する手段と、
- (b) 前記平滑化距離定数を前記画像の各部における階調の空間変化率に応じて変更しつつ、前記画像の各部を前記空間フィルタで走査して平滑化する手段と、を備えることを特徴とする画像フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、デジタル画像を処理する際の画像の階調補間方法および装置並びに画像フィルタリング方法および画像フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】デジタル画像に様々な画像処理を施すと階調の欠落を生じる場合がある。例を挙げると、トーンカーブを用いた階調補正を行った場合やヒストグラムを用いたコントラスト補正を行った場合である。

【0003】図23は、トーンカーブを用いた階調補正を示す図である。入力されたデジタル画像の全ての画素について階調値を調べ、階調値に対する画素数を示すヒストグラムを作成すると図23(a)のようになったとする。この画像を処理する際に、画像全体を明るくするために、図23(b)に示すようなトーンカーブtcに基づいて階調補正を行う。ここで小数点以下の階調値は切り捨てられるとするとこの階調補正によって階調値「1」は「2」に、階調値「2」は「4」に、階調値「3」は「5」に、階調値「4」、「5」は「6」に補正される。階調値「0」、「6」、「7」については変更されない。従って、トーンカーブtcによって階調補間された後のヒストグラムは、図23(c)に示すようになり、階調値「1」及び「3」を有する画素数が0個となり、階調の欠落が生じている。

【0004】図24は、ヒストグラムを用いたコントラスト補正を示す図である。入力画像の階調値が0～255の範囲の値をとる256階調であり、そのヒストグラムが図24(a)に示すようになったとする。一般的にこのような画像は、中間階調を有する画素が多いため画像のコントラストが低い。従って、図に示す中間領域Hを階調値のフルスケールに引き伸ばすコントラスト補正が行われる。このコントラスト補正が行われると、画像のヒストグラムは、図24(b)に示すようになる。同図に示すように、このコントラスト補正によっても階調の欠落が生じる。

【0005】上記の場合以外にも、階調値を示すデータ長が8ビットから16ビットに変換される場合のようにデータ長が増す場合や、256色の画像データをフルカラーで表示した場合等にも階調の欠落は生じる。

【0006】上記のような階調の欠落は、画像に疑似輪郭を生じさせるため、視覚的に良好な画像とはいえない。

【0007】そこで従来は、平滑化フィルタを用いて画像の平滑化処理を行ったり、画像にノイズを重畳させることで、疑似輪郭を目立たなくさせる処理を行ってきた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の方において平滑化処理又はノイズの重畳は画像全体について

一律に施される。そのため本来処理を受けるべきでない画素についてまで処理が施されてその階調値が変更され、その結果、画像の品質の低下を招くという欠点がある。

【0009】例えば、平滑化処理を行うと本来階調差の大きな鮮鋭な画像の輪郭（エッジ）も同時に平滑化されて鮮鋭さを失う。また、ノイズを重畳させると本来画像のスムーズな部分も荒れてしまうことになる。

【0010】この発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、画像の品質の低下を招くことなく階調補間を行う画像の階調補間方法および装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段およびその原理】上記の目的を達成するにあたってのこの発明の構成を説明するために、まず、この発明の原理となる事項について説明する。

【0012】＜第1の発明＞まず、一部の階調値についてはそのような階調値を有する画素が実在していないような画像を考える。たとえば0～9の階調範囲に着目したときにおいて、0、4、6、8の各階調値の画素は実在するが、1、2、3、5、7、9の階調値の画素は元の画像のどこにも実在していない場合がこのように場合に該当する。これを階調値分布としてのヒストグラムで表現すると、たとえば図1のようになる。

【0013】また、このとき、図2(a)に例示するように0、4、6の階調値の画素が空間的に連続している部分と、図3(a)に例示するように0、6、8の階調値の画素が空間的に連続している部分とを考える。

【0014】そして、それぞれの中心画素PCA、PCBをその両側の画素の階調値で補間する処理を従来方法で行うと、図2(a)の中心画素PCAの階調値は、図2(b)に示すように $(0+6)/2=3$ へと修正される。また、図3(a)の中心画素の階調値PCBは、図3(b)に示すように $(0+8)/2=4$ へと修正される。

【0015】このうち図2の場合はその画像部分の空間的階調変化が0、3、6となり、画像が滑らかになるために好ましい結果を与える。その一方で、図3の場合には元の画像（図3(a)）において階調値が0から6へと大きく変化していることから、この部分はエッジなどのように大きな階調差を保存しておきたい部分であるにもかかわらず、従来方法では図3(b)のように階調値の空間的変化が0、4、8のようになり、エッジがなまってしまう。

【0016】これを防止するためには、補間対象画素（図3(a)では画素PCB）の階調補間後の値を、画像の階調値分布（図1）においてその時点の補間対象画素PCBの階調値（＝6）に最も近い実在画素の階調値（4、8）を越えないように、すなわち少なくとも「4

より小さくならず、かつ8より大きくならない」という条件を満たすような規制を行いつつ、この補間対象画素PCBの空間補間を行えばよい。すなわち、図3の例では画素PCBの補間後の値は、少なくとも4～8の範囲を逸脱しないようにする。

【0017】たとえば、画素PCB補間後の階調値が取得する値の範囲として5～7を選択する。このとき、画素PCBについて階調補間を行う場合には、後にこの発明の実施の形態において詳述するが画素PCBの空間的位置関係を考慮して $(7-5) \times 1/2 + 5 = 6$ という値が、補間後の階調値として画素PCBに与えられる。すなわち、階調補間の処理によって画素PCBの値は変化しない。この場合には画素PCBの補間後においてこの部分の画素配列は、0, 6, 8となり、元の画像のエッジが表現されており、エッジがなまるようなことはない。

【0018】また、このような原理を画像全体に適用したときに、図2(a)のような部分につき何らの悪影響はない。実際、図2(a)の場合に上記の原理を適用したときにおいては、補間対象画素(画素PCA)の階調補間後の値を、画像の階調値分布(図1)においてその時点の補間対象画素PCAの階調値(=4)に隣接する実在画素の階調値(0, 6)を越えないように、すなわち最低限の条件として「0より小さくならず、かつ6より大きくならない」という条件を満たさせるような規制を行いつつ、空間的位置関係を考慮した補間を行えばよい。

【0019】したがって、同様に後に詳述する補間方法によって $(5-1) \times 1/2 + 1 = 3$ という補間後の値を得ることが可能であり、この部分の平滑化の作用にはなんらの障害もない。

【0020】以上のような原理(以下「第1の原理」)に従って、この発明の第1の構成では画像の階調値を補間するにあたって、補間対象画素の階調補間後の値を、前記画像の階調値分布において当該補間対象画素の階調値に最も近い実在画素の階調値を越えないように規制しつつ、各補間対象画素の空間補間を行うのである。

【0021】<第2の発明>ところで、上記の原理は別の観点から見ることでもできる。すなわち、図3(a)の場合に従来技術では図3(b)のような結果となったのは、「階調値「4」が元の画像のいずれかの場所の画素として実在している」という事情を無視していることに起因している。

【0022】すなわち、元の画像において画素PCBに階調値「4」を採用することに障害はなかったはずにもかかわらず、この画素PCBに階調値「4」を付与していないということは、この画素PCBに階調値「4」を与えない方が原画に忠実である、ということである。このような事情があるにもかかわらず、補間によって強制的に階調値「4」を付与すると、原画の再現性という点においてはむしろ悪影響になるということである。

【0023】このため、画像の補間に際しては、補間対

象画素の階調補間後の値を、

i) 補間前の前記画像の階調値分布において欠落していた階調値と、

ii) 当該補間対象画素の補間前の階調値自身と、
のいずれかになるように規制しつつ各補間対象画素の空間補間を行うようにすれば、従来技術で生じていた問題点の解決になる。

【0024】このような原理(以下「第2の原理」)に従って、この発明の第2の構成が構成されるが、その例は図1～図3を使用して説明したものと共通になる。すなわちこの第2の原理によっても画像のエッジについてはなまらせることなく画像の階調補間を行うことができるものとなっている。

【0025】<第3の発明>この発明はさらに他の観点から表現することもできる。

【0026】画像に対して階調補間処理を行うということは、平滑化作用を有する画像フィルタをその画像に作用させることと類似した観念である。

【0027】そこで「画像フィルタ」という観点から、図4の2つの画素配列を考える。このうち図4(a)では同じ階調値の画素が連続してから他の階調値へ緩やかに変化し、図4(b)では比較的短い距離で急峻に階調が変化している。

【0028】このような画素配列に対して、平滑化距離定数L0を有する従来の画像フィルタを作用させた場合を考える。すると図4の2つの場合のいずれについても一定の平滑化距離定数L0が適用されるから、図4

(a), (b)の画素配列はそれぞれ図5(a),

(b)のように、同程度に平滑化されてしまう。このため、画像のエッジに相当する図4(b)のような場合まで大幅に平滑化されてしまうことになり、その画像のエッジがなまってしまう。

【0029】この問題を解決するためには、平滑化距離定数を固定ではなく、その時点での対象画素付近の階調の空間変化率に応じて変化させるようにすればよい。

【0030】たとえば図4(a)の付近では階調の空間変化率が小さいために平滑化距離定数L0を大きくし、図4(b)の付近では階調の空間変化率が大きいために平滑化距離定数L0を小さくする。このようにすると、図4(a)のように緩やかに階調が変化している部分は十分な平滑化が行われ(図6(a)参照)、図4(b)のように急峻に階調が変化している部分は狭い範囲だけで平滑化が行われてエッジが保存される(図6(b)参照)。

【0031】この発明の第3の構成である画像フィルタはこのような原理に対応したものであって、平滑化距離定数が可変である空間フィルタを定義しておき、前記平滑化距離定数を前記画像の各部における階調の空間変化率に応じて変更しつつ、前記画像の各部を前記空間フィルタで走査して平滑化するように構成されている。

【0032】以下に説明するこの発明の実施の形態は、既述した第1および第2の構成の補間技術と、第3の構成による画像フィルタの技術との双方に共通の例となっている。

【0033】すなわち、補間にあたって、どの程度の空間レンジで補間対象とするかについては第3の構成の画像フィルタの概念が使用されており、補間対象画素につき補間後の値として、どのような制限を課すかについてはこの発明の第1と第2の構成の思想が利用されている。

【0034】

【発明の実施の形態】

＜装置の構成＞図7は、この発明の実施の形態を示す装置構成図である。この実施の形態に示す装置は、図7に示すように種々の信号を伝達するためにデータバス10が設けられている。そしてデータバス10には、インタフェース11、表示器12、キーボード13、入力装置14、記憶ディスク15、CPU16、メモリ17等が接続されている。インタフェース11は、当該装置と他の機器とを接続するための接続部であり、当該装置はこのインタフェース11を介して他のコンピュータや画像入力装置やプリンタ等の機器とデータの受け渡しを行う。表示器12はCPU16から送られてくる画像信号を表示するための装置であり、キーボード13はオペレータが操作入力するための操作入力装置であり、マウスを含む。入力装置14はキーボードやマウス以外のペン入力装置などである。また、記憶ディスク15とメモリ17は、データを記憶保持するための記憶装置である。さらに、CPU16は種々の処理を実行する演算処理装置である。

【0035】階調補間の対象となる画像は、インタフェース11を介して入力するか、又は、予め記憶ディスク15に記憶されている画像データをCPU16が読み出すことによって得られる。

【0036】＜階調補間の概要＞この実施の形態においては、まず階調補間の対象である画像において欠落した階調値を求める。この欠落した階調値を求める方法は、その画像についてのヒストグラムを作成することによって行われる。階調値を示すデータ長を増したい場合には、ヒストグラムを作成することなしに計算のみによって欠落した階調値を導出することができる。例えば、8ビットから16ビットに階調値を示すデータ長を増したい場合には、「0, 1, 2, …」という階調値が「0, 256, 512, …」という階調値に変換されるため1～255または257～511の範囲の階調値は欠落することになる（この欠落した階調値の幅を「単位変化幅」という）。

【0037】ヒストグラムを作成した場合は、ヒストグラム上で画素数が「0」又は所定の数以下となる階調値が欠落した階調値である。例えば図23(c)で示した

ように階調値「1」及び「3」は画素が存在しないため、欠落した階調値となる。また、予め画素数の閾値を設定しておき、任意の階調値において画素数がその閾値以上の場合にはその階調値は欠落していないとし、その閾値未満の場合にはその階調値は欠落しているとすることもできる。

【0038】図8は、この実施の形態の階調補間を説明するためヒストグラムの一部分を示す図である。図8においてa, b, cはそれぞれ階調値を示し、階調値aとb及び階調値bとcはそれぞれ連続しない値である。そして、階調値a, b, cにおいてはそれぞれ N_a , N_b , N_c 個の画素が存在し、その他には画素は存在しない。従って、a b間及びb c間には階調の欠落が生じていることになる。この場合は階調補間の処理対象となる階調値はa, b, cであり、その階調値を有する画素が補間対象画素である。

【0039】このときノイズ等を考慮して、ごくわずかな画素数は、階調の欠落とみなすことも可能である。

【0040】階調値bについて説明する。a b間及びb c間の階調の欠落を補間するために階調値bを有する補間対象画素の階調値を修正して斜線部Mのような分布となるように補間する。従って、階調値bを有する元の画素数が N_b 個であるため、斜線部Mの画素数も N_b 個となる。図8の例では、階調値bを修正する範囲は階調値aと階調値bの中間値 $(a+b)/2$ を下限值とし、階調値bと階調値cの中間値 $(b+c)/2$ を上限值とする。従って、ある補間対象画素について補間処理が行われた結果、処理前の階調値と同一となる場合もある。

【0041】同様に、階調値a, cについても、それぞれ N_a , N_c 個の画素について補間処理が行われる。階調値aについて補間修正された画素の階調値の上限値は $(a+b)/2$ であり、階調値cについて補間修正された画素の階調値の下限值は $(b+c)/2$ である。従って、階調補間後における階調値の逆転や抜けが生じることがない。ここで階調値の逆転とは、ある補間対象画素の階調値を修正した結果、例えば元の階調値より高い階調値を有する補間対象画素の修正後の階調値を越えることをいう。そして階調値の逆転が生じなければ補間対象画素の階調値を修正する範囲を任意に設定することができる。図8に示すように補間対象となる階調値bについて、その前後の欠落しない階調値a, cとの中間値をそれぞれ下限値および上限値とする方法以外にも、例えば、階調値bを上限值とし、階調値aを下限值とする方法、又は、階調値bを下限值とし、階調値cを上限值とする方法等が行われる。またこれら以外の方法であっても下限値および上限値は、それぞれ階調値aから階調値cまでの範囲内の値であれば良い。

【0042】このように階調補間の対象となる画像のヒストグラムから、補間の対象となる階調値を有する補間対象画素と、補間対象画素の階調値を補間修正する際に

とり得る値の範囲を求めることができる。

【0043】次に、画像平面内における階調補間について説明する。階調補間の対象となる画像について、1画素ずつ順次を検査していき補間対象画素を抽出する。そして全ての補間対象画素について次のような処理を行う。なお、以下において補間対象画素の階調値よりも高い階調値を有する画素を高レベル画素とし、補間対象の階調値よりも低い階調値を有する画素を低レベル画素とする。

【0044】まず画像を画素ごとに走査して、補間対象画素を見つける。そして補間対象画素を見つけると、当

$$L = (L_{high} - L_{low}) \times \frac{D_{low}}{D_{low} + D_{high}} + L_{low}$$

【0046】により階調補間が行われる。また、数1は線形に補間した例であるが距離の関数 $f(D)$ として、

$$L = (L_{high} - L_{low}) \times \frac{f(D_{low})}{f(D_{low}) + f(D_{high})} + L_{low}$$

【0048】とすることで、補間を非線形に行うことも可能である。

【0049】図9は、この実施の形態の階調補間を説明するための画像平面図である。図において階調値 V_l , V , V_h は $V_l < V < V_h$ という関係にあり、それら階調値の等高線を示している。ここで階調値 V は、階調補間の処理対象となる階調値であるとし、一例として画素 P_t に注目する。画素 P_t の階調値は V であるから、画素 P_t は補間対象画素である。当該補間対象画素 P_t の最近傍に位置する高レベル画素と低レベル画素とを検出するために、画像を構成する全ての画素について距離を計算することが望ましいが、これを実際に行うと計算に多大な時間が掛かり、処理効率が低下する。しかし、自然画像のように階調の平坦な部分が少ない画像においては高レベル画素及び低レベル画素が当該補間対象画素の付近に位置するとみなすことができるので近似的検出法を用いる。

【0050】まず、図9に示すように補間対象画素 P_t を中心に垂直方向に検索し、当該補間対象画素 P_t に最も近い位置に存在する高レベル画素 P_{vh} を抽出する。続いて補間対象画素 P_t を中心に水平方向に検索し、当該補間対象画素 P_t に最も近い位置に存在する高レベル画素 P_{hh} を検索する。そして、2つの高レベル画素 P_{vh} , P_{hh} を比較して、補間対象画素 P_t により近い高レベル画素についての距離をとり、高レベル距離 D_{high} とする。

【0051】そして低レベル画素についても同様に垂直方向および水平方向に検索して、それぞれについての低レベル画素 P_{vl} , P_{hl} を抽出する。そして両者を比較して補間対象画素 P_t から近い位置にある低レベル画素との距離をとり、低レベル距離 D_{low} とする。

該補間対象画素の階調値の修正補間後にとり得る値の範囲を求め、その上限値を L_{high} とし、下限値を L_{low} とする。そして画像平面内において当該補間対象画素の最近傍に位置する高レベル画素と低レベル画素とを検出し、当該補間対象画素とそれぞれとの距離を求める。そして高レベル画素との距離を高レベル距離 D_{high} とし、低レベル画素との距離を低レベル距離 D_{low} とする。そして当該補間対象画素の修正後の階調値を L とすると、

【0045】

【数1】

$$L = (L_{high} - L_{low}) \times \frac{D_{low}}{D_{low} + D_{high}} + L_{low}$$

【0047】

【数2】

$$L = (L_{high} - L_{low}) \times \frac{f(D_{low})}{f(D_{low}) + f(D_{high})} + L_{low}$$

【0052】このようにして、高レベル距離 D_{high} と低レベル距離 D_{low} を得た後に上記数1によって当該補間対象画素の修正すべき画素値 L を求める。

【0053】以上説明したように、この実施の形態では、補間の対象となる階調値を有する補間対象画素を検出し、補間対象画素の階調値を補間する際にとり得る値の範囲を求める。そして補間対象画素の階調値よりも高い階調値を有する高レベル画素を検出するとともに補間対象画素の階調値よりも低い階調値を有する低レベル画素を検出する。そして画像平面内において複数の高レベル画素のうち補間対象画素の最近傍に位置する高レベル画素を検出し、当該高レベル画素と補間対象画素との距離を導く。また同様に、画像平面内において複数の低レベル画素のうち補間対象画素の最近傍に位置する低レベル画素を検出し、当該低レベル画素と補間対象画素との距離を導く。そして高レベル画素と補間対象画素との距離と、低レベル画素と補間対象画素との距離とに対応して補間対象画素の階調値を先に求めた範囲内の階調値に補間を行うように構成されている。

【0054】なお、上記の方法では補間対象画素の斜め方向の画素が最近傍であっても検出できないが、自然画像ののうに検出したい画素が付近に存在すると仮定される場合は、検出された距離に多少の誤差が生じるだけで修正後の階調値に与える影響は小さい。

【0055】しかし、さらなる精度の向上を図るために、この発明の実施例として次に示す方法を行う。

【0056】＜実施例＞図10は、この発明の実施例を示す説明図である。図に示すように階調補間の対象となる画像において、多数の補間対象画素のうちから同一の階調値を有し、連続する画素列を求める。この求められた同一階調値の連続する補間対象画素 P_{t1} , P_{t2} ,

…、Pt 8の画素列Rを「ラン」と呼ぶ。このランの各補間対象画素ごとに垂直方向を検索し、高レベル画素および低レベル画素を求める。高レベル画素についても低レベル画素についても同様の操作を行うので、高レベル画素について説明する。図10に示すようにランRを構成するそれぞれの補間対象画素Pt 1, Pt 2, …, Pt 8について高レベル画素Pv 1, Pv 2, …, Pv 8を抽出する。そして補間対象画素Pt 1と抽出した全ての高レベル画素Pv 1, Pv 2, …, Pv 8との距離を計算する。例えば、補間対象画素Pt 1と高レベル画素Pv 3との距離を求める場合について説明する。先の垂直方向の検索により補間対象画素Pt 3と高レベル画素Pv 3との距離D3は求められている。また、画素間距離Δxは既知の値である。従って、補間対象画素Pt 1と高レベル画素Pv 3との距離Dhは、

【0057】

【数3】

$$Dh = \sqrt{(D3)^2 + (2 \times \Delta X)^2}$$

【0058】により求めることができる。同様にしてランRを構成する全ての補間対象画素Pt 1, Pt 2, …, Pt 8について抽出した全ての高レベル画素Pv 1, Pv 2, …, Pv 8との距離を求める。そして各補間対象画素Pt 1, Pt 2, …, Pt 8について最短距離となる高レベル画素を抽出する。図10の例において補間対象画素Pt 1, Pt 2, Pt 3については高レベル画素Pv 3が最短距離に位置し、その他の補間対象画素Pt 4, Pt 5, …, Pt 8については高レベル画素Pv 4が最短距離に位置することが判明する。

【0059】このような処理を画像の水平方向に連続分布する補間対象画素のランについて行うとともに、画像の垂直方向に連続分布する補間対象画素のランについても同様に行う。

【0060】また、低レベル画素の抽出においても上記と同様の処理を行い、各補間対象画素Pt 1, Pt 2, …, Pt 8について最短距離に位置する低レベル画素を抽出する。そして最短距離に位置する高レベル画素および低レベル画素が抽出できると、数1により各補間対象画素の階調値を修正する。

【0061】従って、この実施例では水平方向および垂直方向に連続分布する補間対象画素のランについて高レベル画素および低レベル画素の抽出を行うため、補間の精度が上昇する。すなわち、1画素ごとに高レベル画素および低レベル画素を検索すると図11(a)に示すように補間対象画素Ptについては斜線部分が検索対象外の領域になり、斜め方向に最近傍の高レベル画素および低レベル画素が存在しても発見することができない。しかし、図11(b)に示すように水平方向および垂直方向のランRh, Rvについて高レベル画素および低レベル画素を検索すると、補間対象画素Ptについて考える

と検索対象外の領域である斜線部分の面積が小さくなる。したがって、補間対象画素Ptの近傍については斜め方向に存在してもある程度の範囲内にある高レベル画素および低レベル画素を検出することができ、補間精度が向上する。また図11(a)は、水平方向および垂直方向のランを構成する補間対象画素の数が「1」の場合であるということができる。この場合は、補間対象画素Ptに隣接して同一階調値を有する画素が存在しないということになり、高レベル画素および低レベル画素は補間対象画素Ptに隣接する状態である。従って、この実施例のようにランによる高レベル画素および低レベル画素の抽出を行うことによって、階調変化が比較的小さい平坦な画像においては検索対象領域を大きくすることができ、階調変化の比較的大きい起伏に富んだ画像においては検索対象領域を小さくすることができる。そしてこの検索対象領域の変更は、補間対象である画像に応じて自動的に行われる。

【0062】＜処理シーケンス＞次に、図7で示した構成により、実際に階調補間の処理を行う際の処理シーケンスについて説明する。図12ないし図17は、この実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートであり、その処理は図7のCPU16によって行われる。

【0063】まず、図12に示すようにステップS1において、階調補間の処理対象となる画像を入力し、メモリ17（図7参照）に保持する。そしてCPU16は、メモリ17に記憶保持されている入力画像を分析することによりヒストグラムを作成する（ステップS2）。

【0064】そしてステップS3において、得られたヒストグラムから階調補間の対象となる階調値を選び出す。この処理において階調補間の対象となる階調値は、画素数が0であるか又は所定の数以下である階調値である。そして、選び出された階調補間の対象となる階調値はメモリ17の対象バッファに書き込まれる。図18は、対象バッファの構造を示す概念図であり、選び出された階調値Lobjは、図に示す位置に書き込まれる。ヒストグラムを分析することによって複数の階調補間の対象となる階調値Lobjが選び出されうるが、その全てを対象バッファに書き込む。そして補間修正される階調値の上限値Lhighおよび下限値Llowを算出し、それら対象バッファに格納する。従って、対象バッファには図18に示すように階調補間の対象となる階調値Lobjとその階調値Lobjを修正する際の上限値Lhighと下限値Llowが記憶保持される。そしてヒストグラムによって選び出された全ての階調値Lobjについて上限値Lhighと下限値Llowとを算出して対象バッファに書き込むと次の処理に進む。

【0065】ステップS4においては、入力した画像において1画素ごとにその階調値を調べるための走査を開始する。図19は、メモリ17に記憶されている入力画

像の一例を示す図である。そして図に示すX方向を主走査方向とし、Y方向を副走査方向として1画素ごとに走査する。走査開始時の最初は、図に示す画素P0を対象画素（注目画素）とする。

【0066】そしてステップS5において注目画素が補間対象画素であるか否かを判断する。この判断は、注目画素の階調値がメモリ17に記憶されている対象バッファ（図18参照）の全ての階調値Lobjと一致するか否かによって判断され、一致する場合は当該注目画素が補間対象画素であるため「YES」と判断され、一致しない場合は当該注目画素は補間対象画素ではないため「NO」と判断される。

【0067】注目画素が補間対象画素であった場合には、ステップS6において最近傍の高レベル画素までの距離の算出の処理が行われる。この処理には図13に示すフローチャートのように垂直距離の検出処理（ステップS61）と水平距離の検出処理（ステップS62）とが含まれている。垂直距離の検出処理は、図19の画像の例において画像の垂直方向（縦方向）に位置する高レベル画素のうち最短に位置する画素までの距離の検出を行い、水平距離の検出処理は、水平方向（横方向）に位置する高レベル画素のうち最短に位置する画素までの距離の検出を行う。ここで検出される垂直距離および水平距離は、図20（a）、（b）に示す高レベル近傍画素垂直距離バッファ、高レベル近傍画素水平距離バッファの注目画素に対応する位置に書き込まれる。例えば、図19に示す画像において注目画素を画素Ptとした場合に、図20（a）、（b）に示す高レベル近傍画素垂直距離バッファおよび高レベル近傍画素水平距離バッファのそれぞれの注目画素Ptに対応する位置に高レベル近傍画素垂直距離Dvh、高レベル近傍画素水平距離Dhhを書き込む。

【0068】そして、ステップS7においては、最近傍の低レベル画素までの距離の算出を行う。この処理には、図14に示すフローチャートのように垂直距離の検出処理（ステップS71）と水平距離の検出処理（ステップS72）とが含まれている。そして高レベル画素の場合と同様に図20（c）、（d）に示す低レベル近傍画素垂直距離バッファ、低レベル近傍画素水平距離バッファの注目画素Pt（図19参照）に対応する位置にそれぞれ方向に位置する低レベル画素のうち最短に位置する画素までの距離Dvl、Dhlを書き込む。

【0069】なお、図20（a）～（d）に示す4つの距離バッファは全てメモリ17に記憶されている。

【0070】ここで高レベル画素についての垂直距離の検出処理（ステップS61）、水平距離の検出処理（ステップS62）について説明を行うが、低レベル画素についての垂直距離の検出処理（ステップS71）、水平距離の検出処理（ステップS72）も同様の処理シーケンスであり、異なる点は検出する画素が高レベル画素で

あるか低レベル画素であるかの違いのみである。

【0071】まず、垂直距離の検出処理（ステップS61）については図15に示す処理を行う。ステップS100では、注目画素について既に垂直方向の最近傍の高レベル画素までの距離の算出が既に済んでいるか否かの判断が行われる。この処理は、既述した水平方向の同一階調値を有する画素列（ラン）に基づいて距離計算を行うことにより、当該注目画素が他の注目画素におけるランを構成する画素であった場合は既に垂直距離の算出が完了しているため、処理の重複を避けるために設けられている。ここで「YES」と判断されると図15の処理は終了する。

【0072】ステップS101では、図19に示す注目画素Ptより主走査方向（X方向）にランの抽出を行い、その抽出された水平方向のランを構成する画素数がいくつあるか判断する。ここでランが1である場合、すなわちランを構成する画素数が1の場合はステップS113に進み、ランが2以上の場合、すなわちランを構成する画素数が2以上の場合はステップS102に進む。

【0073】図10に示すようなランが8である場合を再び例に挙げる。ステップS102においては、ランを構成する各画素について垂直方向の最近傍に位置する高レベル画素を検出する。図10に示すようなランが8である場合に、ランを構成する画素Pt1について垂直方向の最近傍の高レベル画素Pv1を検出する。そして、ステップS103において、画素Pt1と高レベル画素Pv1との垂直距離D1を図20（a）の高レベル近傍垂直距離バッファの画素Pt1に対応する位置に書き込む。ステップS104では、ランを構成する全ての画素について垂直距離情報を書き込んだか否かを判断する。そして、「YES」と判断されるとステップS106に進み、「NO」と判断されるとステップS105に進む。図10の例で画素Pt1についての処理は終了したが、画素Pt2～Pt8については未処理であるためステップS105に進み、同様の処理を繰り返す。そして、ランを構成する画素Pt1、Pt2、…、Pt8のそれぞれについて垂直方向の最近傍の高レベル画素Pv1、Pv2、…、Pv8を検出し、それぞれの垂直距離D1、D2、…、D8を高レベル近傍垂直距離バッファの対応する位置に書き込む。

【0074】そしてステップS106においては、ランを構成する画素のうち対象となる画素の垂直距離と、ランを構成するその他の画素の垂直距離とを参照する。はじめに対象となる画素は、例えばランの左端の画素である。そしてステップS107において対象となる画素と、その他の画素についての最近傍画素との距離を計算する。その計算結果より最短となる距離と、対象となる画素の高レベル近傍画素垂直距離バッファに記憶している垂直距離とを比較し、短い距離を選択して高レベル近傍画素垂直距離バッファの対象となる画素に対応する垂

直距離情報を修正する（ステップS108）。

【0075】図10の例において対象となる画素を画素P_{t1}とした場合に画素P_{t1}と、画素P_{v2}、P_{v3}、…、P_{v8}との距離を算出する。例えば、画素P_{v3}との距離を求めるときには先述の数3の式を用いることによって画素P_{t1}と画素P_{v3}との距離が求められる。その他の画素についても同様の式が適用できる。そして、この計算結果より得られる距離のうち最短の距離を示すものは、画素P_{v3}との距離であるため、この距離と高レベル近傍垂直距離バッファに記憶している垂直距離D₁とを比較し、短い距離を示す方である画素P_{v3}との距離を採用する。そして画素P_{t1}と画素P_{v3}との距離を高レベル近傍画素垂直距離バッファの画素P_{t1}に対応する位置に上書きする。

【0076】このような処理をランを構成する全ての画素について行うためにステップS109、ステップS110の処理が行われる。ステップS109においては、ランを構成する全ての画素について処理が行われたか否かを判断する。ここで「YES」と判断されると垂直距離の検出処理は終了する。そして「NO」と判断されると次の画素に対象となる画素が移される。例えば、画素P_{t1}についての処理が終了した際には、次に画素P_{t2}について同様の処理を行う。以下同様に画素P_{t8}まで行われ、各画素に対応する高レベル近傍画素垂直距離バッファの垂直距離情報が修正される。

【0077】また、ステップS101において「ランが1」とであると判断されてステップS113に処理が進んだ場合は、対象画素（注目画素）について垂直方向の最近傍に位置する高レベル画素を検出する。そして、その高レベル画素までの距離を高レベル近傍画素垂直距離バッファの対象画素に対応する位置に書き込む（ステップS114）。そして垂直距離の検出処理は終了する。

【0078】次に、水平距離の検出処理（ステップS62）について説明する。図16は水平距離の検出処理（ステップS62）のフローチャートである。図15と図16とを比較してわかるように、ほぼ同一の処理シーケンスとなっている。

【0079】まず、ステップS200では、注目画素について既に水平方向の最近傍の高レベル画素までの距離の算出が既に済んでいるか否かの判断が行われる。この処理は、垂直方向に同一階調値を有するランに基づいて距離計算を行うことにより、当該注目画素が他の注目画素における垂直方向のランを構成する画素であった場合は既に水平距離の算出が完了しているため、処理の重複を避けるために設けられている。ここで「YES」と判断されると図16の処理は終了する。

【0080】ステップS201では、図19に示す注目画素P_tより副走査方向（Y方向）にランの抽出を行い、その抽出された垂直方向のランを構成する画素数がいくつあるか判断する。ここでランが1である場合、す

なわちランを構成する画素数が1の場合はステップS213に進み、ランが2以上の場合、すなわちランを構成する画素数が2以上の場合はステップS202に進む。

【0081】ステップS202においては、ランを構成する各画素について水平方向の最近傍に位置する高レベル画素を検出する。そして、ステップS203において、高レベル画素との水平距離を図20（b）の高レベル近傍水平距離バッファに書き込む。ステップS204では、垂直方向のランを構成する全ての画素について水平距離情報を書き込んだか否かを判断する。そして、「YES」と判断されるとステップS206に進み、「NO」と判断されるとステップS205に進む。

【0082】そしてステップS206においては、ランを構成する画素のうち対象となる画素の水平距離と、ランを構成するその他の画素の水平距離とを参照する。はじめに対象となる画素は、例えばランの上端の画素である。そしてステップS207において対象となる画素と、その他の画素についての最近傍画素との距離を計算する。その計算結果より最短となる距離と、対象となる画素の高レベル近傍画素水平距離バッファに記憶している水平距離とを比較し、短い距離を選択して高レベル近傍画素水平距離バッファの対象となる画素に対応する水平距離情報を修正する（ステップS208）。

【0083】このような処理をランを構成する全ての画素について行うためにステップS209、ステップS210の処理が行われる。ステップS209においては、ランを構成する全ての画素について処理が行われたか否かを判断する。ここで「YES」と判断されると水平距離の検出処理は終了する。そして「NO」と判断されると次の画素に対象となる画素が移される。

【0084】また、ステップS201において「ランが1」とであると判断されてステップS213に処理が進んだ場合は、対象画素（注目画素）について水平方向の最近傍に位置する高レベル画素を検出する。そして、その高レベル画素までの距離を高レベル近傍画素水平距離バッファの対象画素に対応する位置に書き込む（ステップS214）。そして水平距離の検出処理（ステップS62）は終了するとともに、図12に示す最近傍の高レベル画素までの距離の算出処理（ステップS6）が終了する。

【0085】そして続いて、ステップS7の最近傍の低レベル画素までの距離の算出であるが、先述のように図14に示す垂直距離の検出処理（ステップS71）は、高レベル画素について説明した図15のフローチャートと同様である。また、水平距離の検出処理（ステップS72）も図16のフローチャートと同様である。そして、低レベル近傍画素の垂直距離については、図20（c）に示す低レベル近傍画素垂直距離バッファに記憶され、水平距離については、図20（d）に示す低レベル近傍画素水平距離バッファに記憶される。

【0086】そしてステップS8において、補間対象画素（注目画素）の階調値の修正が行われる。このステップS8の階調値の修正を図17に示す。まず、ステップS81において、高レベル近傍画素垂直距離バッファに記憶されている補間対象画素（注目画素）についての垂直距離 D_{vh} と、高レベル近傍画素水平距離バッファに記憶されている補間対象画素（注目画素）についての水平距離 D_{hh} とを読み出し、短い方を選択し、高レベル距離 D_{high} とする。そしてステップS82において低レベル近傍画素垂直距離バッファに記憶されている補間対象画素（注目画素）についての垂直距離 D_{vl} と、低レベル近傍画素水平距離バッファに記憶されている補間対象画素（注目画素）についての水平距離 D_{hl} とを読み出し、短い方を選択し、低レベル距離 D_{low} とする。そしてステップS83において対象バッファから当該補間対象画素の補間修正される階調値の上限値 L_{high} および下限値 L_{low} を読み出す。そしてステップS84において、数1の計算を行うことによって得られる階調値 L を当該補間対象画素の階調値として修正する。以上の手順で補間対象画素（注目画素）の階調値の修正（ステップS8）が完了する。

【0087】その後、ステップS9に進み、注目画素が画像全体の走査における最後の画素であるか否かの判断を行う。そして最後の画素でない場合にはステップS10において次の画素に注目画素を移動させてステップS5からの処理を繰り返す。そして画像の最後の画素である場合にはステップS11に進む。

【0088】ステップS11では、階調補間の施された画像を所定の出力器に対して出力する。この出力器は、例えば図7に示す表示器であり、また、インタフェース11に接続されたプリンタなどである。そして、画像の出力が完了すると画像の階調補間処理は終了する。

【0089】このような処理形態を採ることによって、ランによる高レベル画素および低レベル画素の抽出を行うことができる。そして階調変化が比較的小さい平坦な画像においては検索対象領域を大きくすることができ、階調変化の比較的大きい起伏に富んだ画像においては検索対象領域を小さくすることができる。そしてこの検索対象領域の変更は、補間対象である画像に応じて自動的に行われる。

【0090】そして、図21(b)に示すような画像について考える。図21(a)は、図21(b)の断面A-Aの階調値を示す図である。図21(a)、(b)より、この画像において階調値「4」、「6」が欠落している。この画像について上述した階調補間の処理を施すと、図22に示す画像のようになる。図22(b)は、階調補間後の画像を示す図であり、図22(a)は同図(b)の断面B-Bの階調値を示す図である。図22より、この発明の実施の形態の階調補間処理を行うことにより図21において欠落していた階調値「4」、「6」

が補間され、画像における階調変化が滑らかになり、疑似輪郭を生じさせることがない。さらに、欠落した階調値に隣接する階調値を有する画素を選択し、その画素の階調値を画像平面内における他の高レベル画素、低レベル画素との位置関係により決定するために、本来処理を受けるべきでない画素についてまで処理が施されてその階調値が変更されて、画像の品質の低下を招くことがない。

【0091】また、補間対象画素の階調値の修正の際に、数1の計算に用いる上限値 L_{high} と下限値 L_{low} に検出した最近傍の高レベル画素と低レベル画素のそれぞれの階調値を用いると、ヒストグラムにおいて欠落した階調値を挟んで隣接する階調値の画素とは限らないため、階調の逆転が起こり画像が畳けてしまうことがある。これに対して、この実施の形態では、ヒストグラムによって補間対象となる階調値を検出するとともに、その際に修正される階調値の上限値と下限値とを予め求めておき、これをメモリ17の対象バッファに格納しておく。そして数1の計算を行う際には、対象バッファに記憶している上限値 L_{high} と下限値 L_{low} を基に行うため、階調の逆転による画像の畳けは生じない。これが単なる画像の平滑化と大きく異なる点である。

【0092】従って、このような処理を行うことによって、本来階調差の大きな鮮鋭なエッジについては鮮鋭さを失わず、本来画像のスムーズな部分については画像を荒らすことなく階調補間を行うことができる。

【0093】さらに、これまでの説明よりこの実施の形態は、画像の全体についての階調補間処理において、平滑化する領域を階調の局所的な空間変化率に応じて画像平面内の場所ごとに可変とする処理であるということが出来る。すなわち、階調の空間変化率が小さいときは平滑化する領域を大きくし、階調の空間変化率の大きいときは平滑化する領域を小さくすることによって、緩やかに階調が変化している部分は十分な平滑化が施され、エッジの部分はその先鋭さを失うことなく平滑化が施される方法である。

【0094】＜変形例＞上記説明においては、画像全体に階調の欠落がある場合について説明したが、画像の部分領域（例えば、人間の肌の領域のみ）を切り出して、その領域内のヒストグラムを作成して、そのヒストグラム上で階調欠落を検出し、その欠落した階調を補間することで、部分領域のスムージング処理に適用することもできる。

【0095】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1および請求項10に記載の発明によれば、画像から順次に補間対象画素を抽出し、補間対象画素の階調補間後の値を、画像の階調値分布において当該補間対象画素の階調値に最も近い実在画素の階調値を越えないように規制しつつ、各補間対象画素の空間補間を行うため、階調値の逆転や

抜けが生じることがない。

【0096】請求項2に記載の発明によれば、階調値分布を求め、自己の階調値については実在画素が存在する一方、階調値分布において隣接する階調値については実在画素が欠落しているような階調値を実在階調値として検出し、実在階調値を有する画素を補間対象画素として採用するため、適切な階調補間を行うことができる。

【0097】請求項3に記載の発明によれば、補間は、各画素の階調値を表現するデータ精度を所定の割合で向上させるにあたっての補間であり、少なくとも画像の所定領域内の画素を補間対象画素として指定し、補間による各画素の階調変化量を、補間前の階調値の単位変化幅以下に規制するため、階調補間による階調値の逆転等が生じない。

【0098】請求項4に記載の発明によれば、補間対象画素と同じ階調値を持った画素を無視しつつ当該補間対象画素に空間的に近接する複数の基準画素を選択し、複数の基準画素間での空間補間を行うため、本来処理を受けるべきでない画素についてまで処理が施されてその階調値が変更されることがなく、画像の品質の低下を招くことがない。

【0099】請求項5に記載の発明によれば、複数の基準画素は、補間対象画素から所定方向に沿った正負の向きにおいてそれぞれ検索されるため、階調補間処理の効率が向上する。

【0100】請求項6に記載の発明によれば、空間補間は画像を走査しつつ実行され、検索における所定方向は、走査における走査方向に関連して定められているため、処理の効率化が図られる。

【0101】請求項7に記載の発明によれば、補間対象画素と空間的に連続し、かつ当該補間対象画素と同じ階調値を有する一連の画素を特定し、その一連の画素のそれぞれについて所定方向の正負の向きに予備検索して複数の基準画素の候補を特定し、一連の画素のそれぞれについて得られた候補の集合の中から、当該補間対象画素について複数の基準画素を選択するため、階調補間の精度が向上する。

【0102】請求項8および請求項11に記載の発明によれば、画像から順次に補間対象画素を抽出し、補間対象画素の階調補間後の値を、補間前の画像の階調値分布において欠落していた階調値と、当該補間対象画素の補間前の階調値自身とのいずれかになるように規制しつつ各補間対象画素の空間補間を行うため、階調補間による階調値の逆転等が生じない。

【0103】請求項9および請求項12に記載の発明によれば、平滑化距離定数が可変である空間フィルタを規定し、平滑化距離定数を画像の各部における階調の空間変化率に応じて変更しつつ、画像の各部を空間フィルタで走査して平滑化するため、緩やかに階調が変化している部分は十分な平滑化が施され、エッジの部分はその先

鋭さを失うことなく平滑化が施される方法である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の原理を説明するためのヒストグラムを示す図である。

【図2】この発明の原理を説明するための図である。

【図3】この発明の原理を説明するための図である。

【図4】この発明の原理を説明するための図である。

【図5】この発明の原理を説明するための図である。

【図6】この発明の原理を説明するための図である。

【図7】この発明の実施の形態を示す装置構成図である。

【図8】この実施の形態の階調補間を説明するためのヒストグラムの一部分を示す図である。

【図9】この実施の形態の階調補間を説明するための画像平面図である。

【図10】この発明の実施例を示す説明図である。

【図11】高レベル画素および低レベル画素の検索領域を示す画像平面図である。

【図12】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図13】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図14】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図15】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図16】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図17】この発明の実施例における画像の階調補間の処理シーケンスを示すフローチャートである。

【図18】対象バッファの構造を示す概念図である。

【図19】メモリに記憶されている入力画像の一例を示す図である。

【図20】この発明の実施の形態で使用する各種の距離バッファを示す図である。

【図21】階調欠落の生じている画像を示す図である。

【図22】この発明の実施の形態における図21の画像を階調補間した後の画像を示す図である。

【図23】トーンカーブを用いた階調補正を示す図である。

【図24】ヒストグラムを用いたコントラスト補正を示す図である。

【符号の説明】

10 データバス

11 インタフェース

12 表示器

13 キーボード

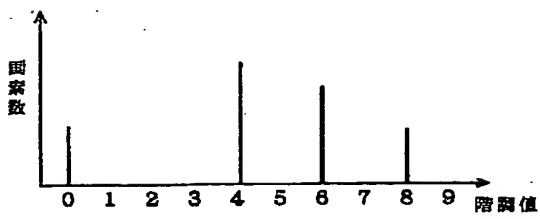
14 入力装置

15 記憶ディスク

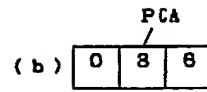
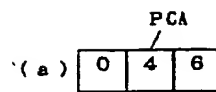
16 CPU

17 メモリ

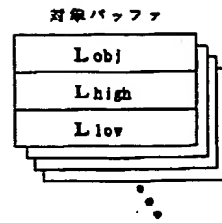
【図1】



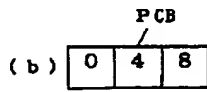
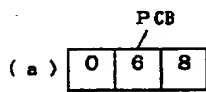
【図2】



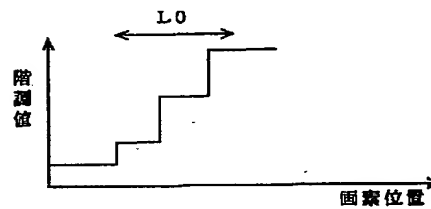
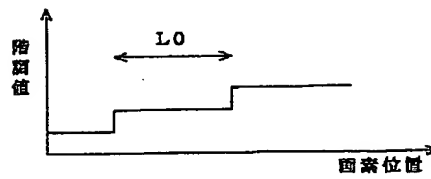
【図18】



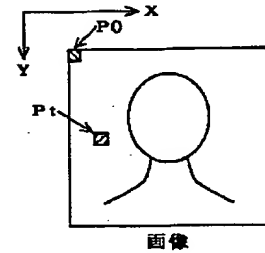
【図3】



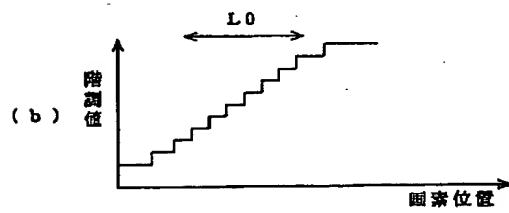
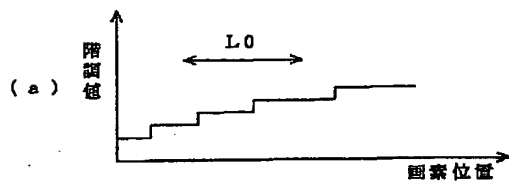
【図4】



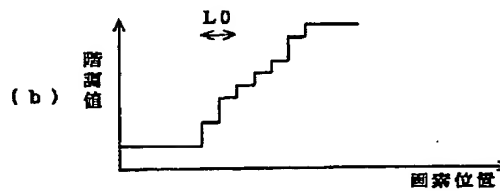
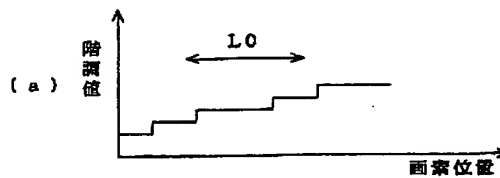
【図19】



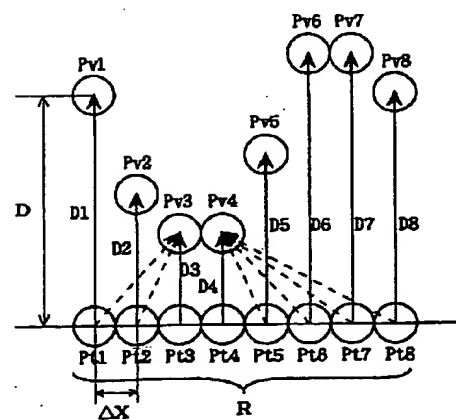
【図5】



【図6】



【図10】



【図13】

最近傍の高レベル画素までの距離の算出

垂直距離の検出 S61

水平距離の検出 S62

RETURN

【図14】

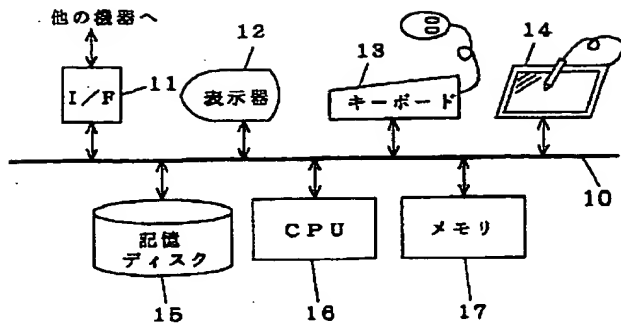
最近傍の低レベル画素までの距離の算出

垂直距離の検出 S71

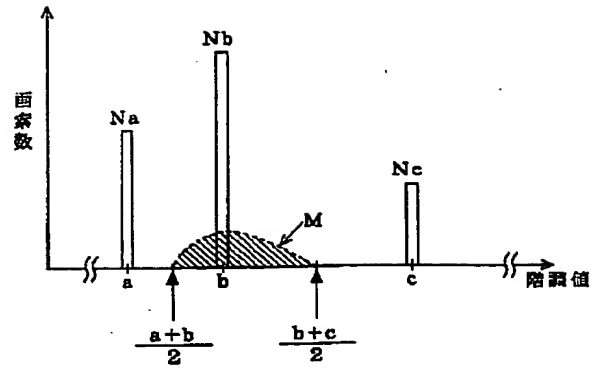
水平距離の検出 S72

RETURN

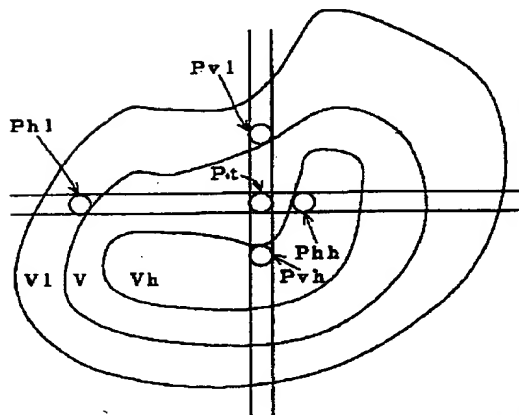
【図7】



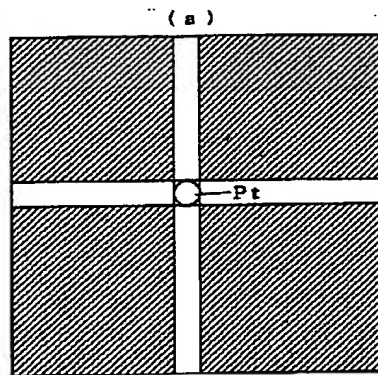
【図8】



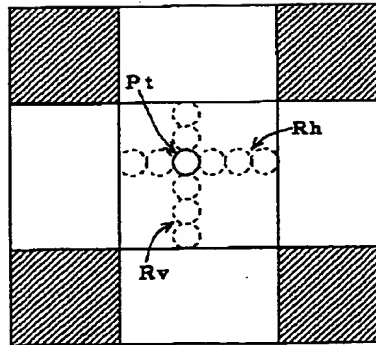
【図9】



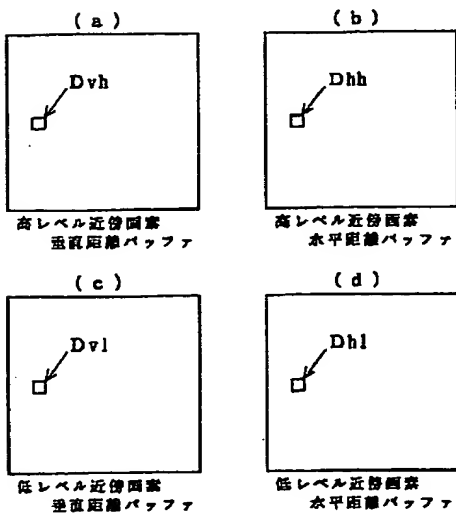
【図11】



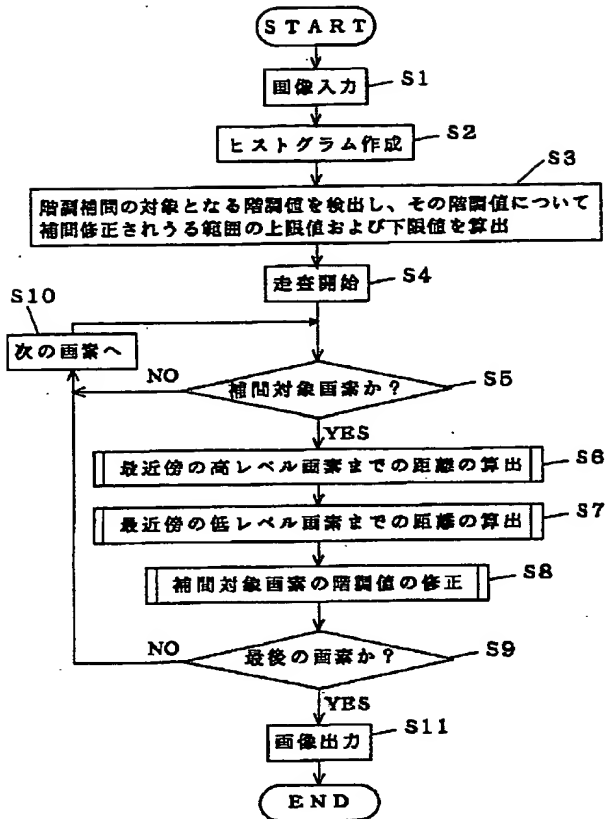
(b)



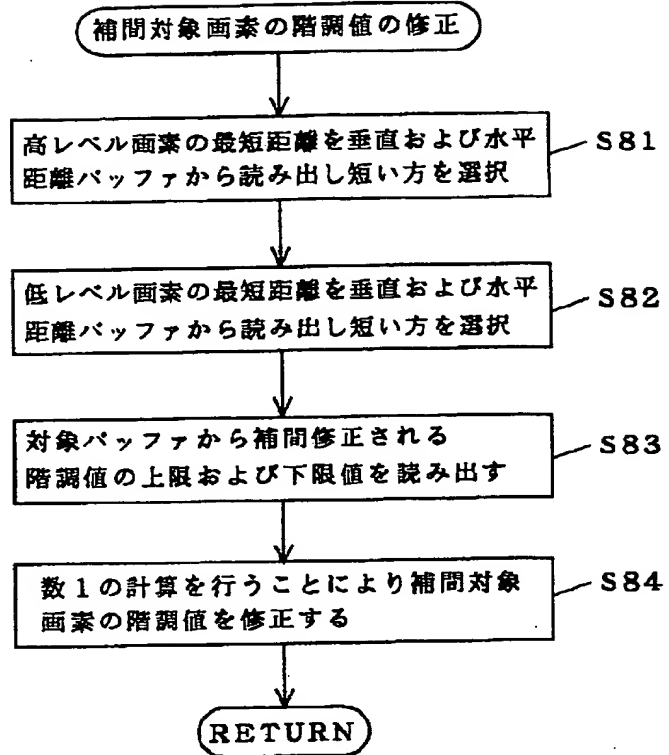
【図20】



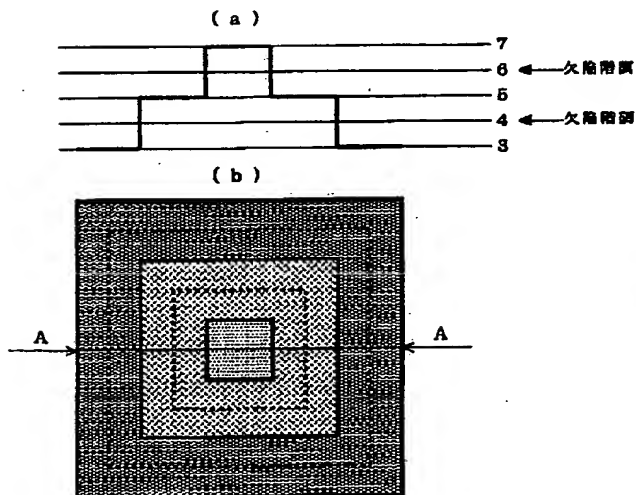
【図12】



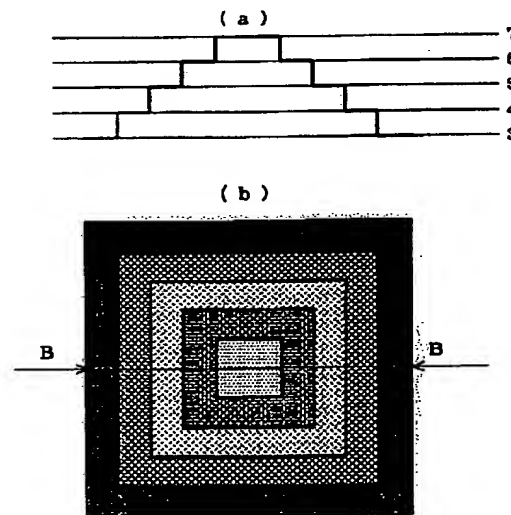
【図17】



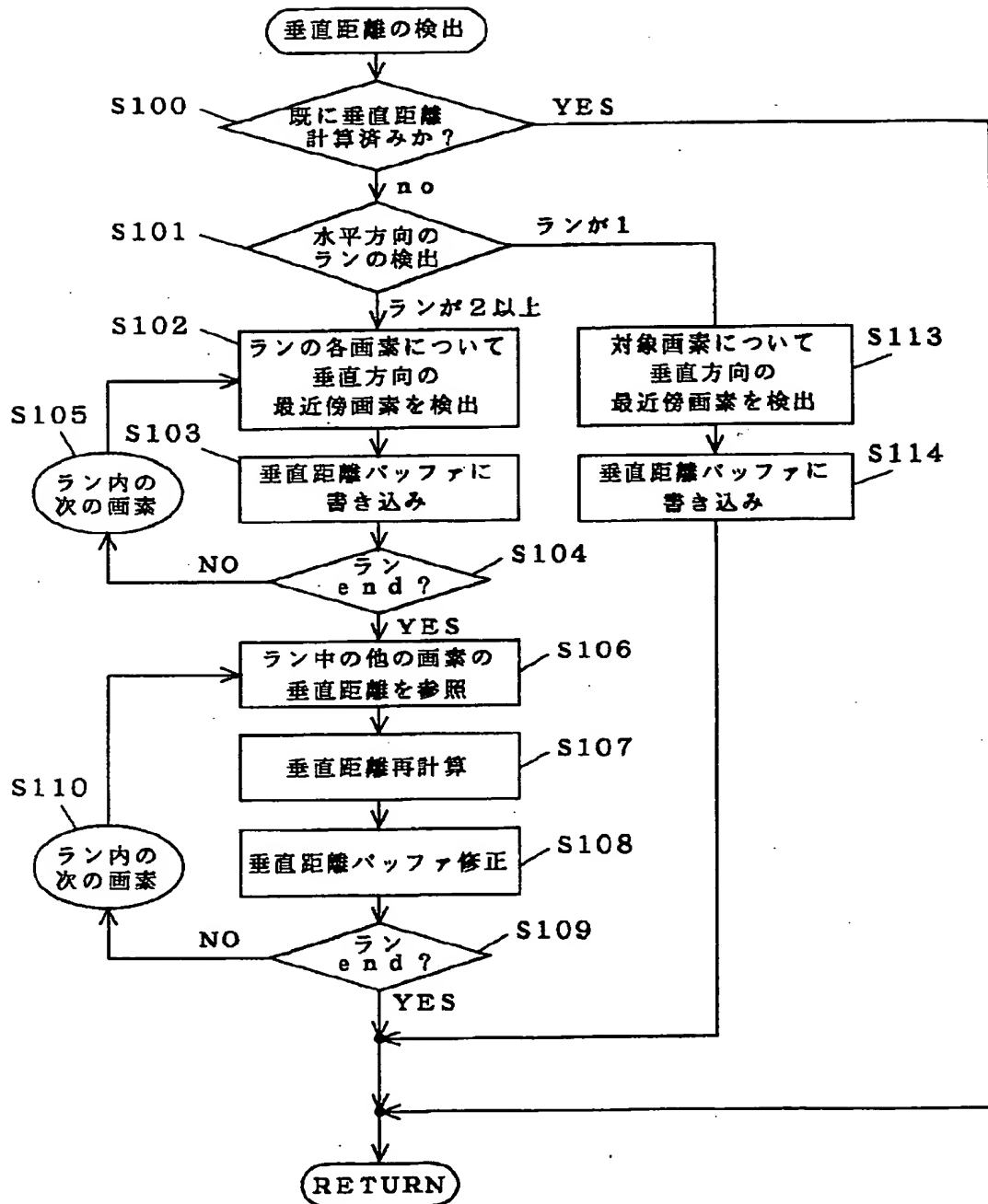
【図21】



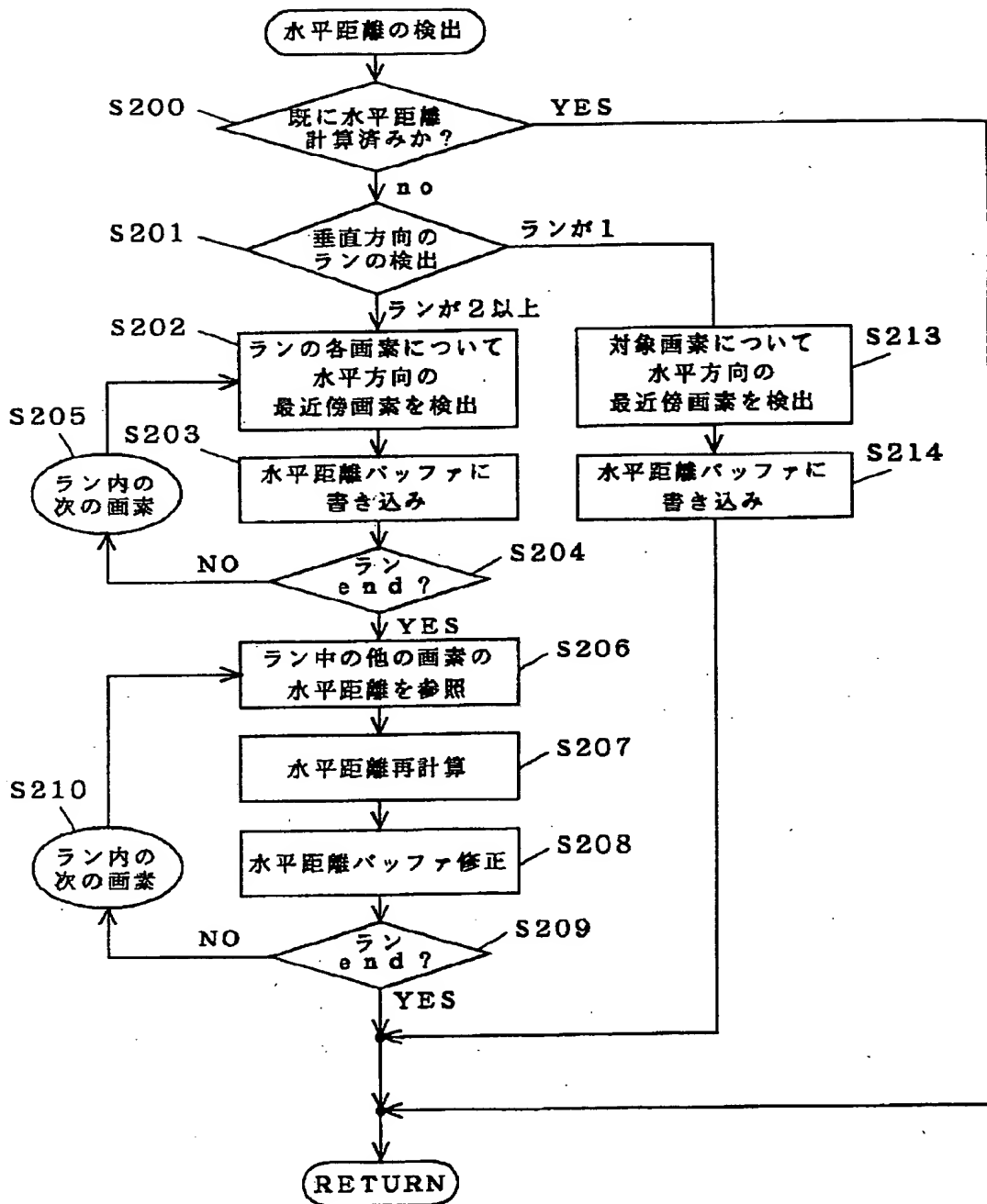
【図22】



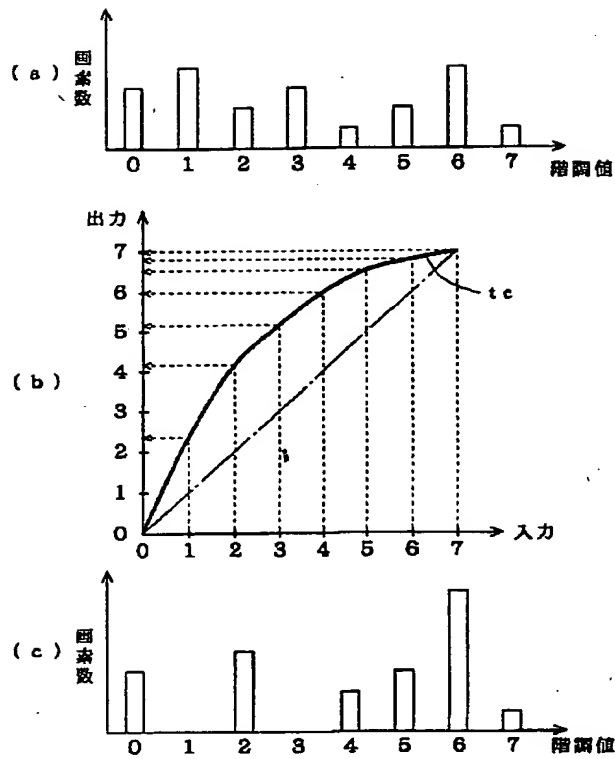
【図15】



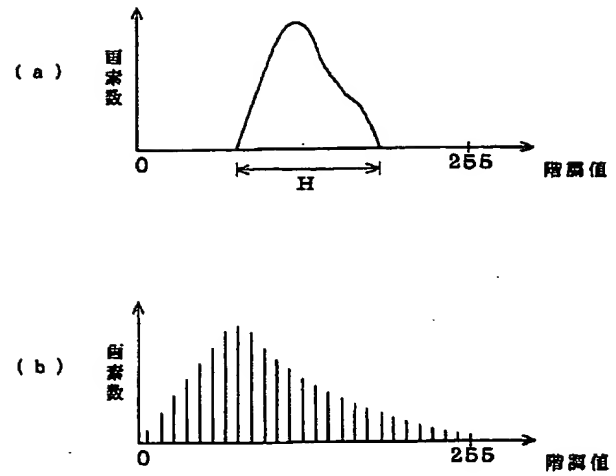
【図16】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72) 発明者 浅野 哲夫
豊中市北緑丘3丁目1番地9号301

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.